

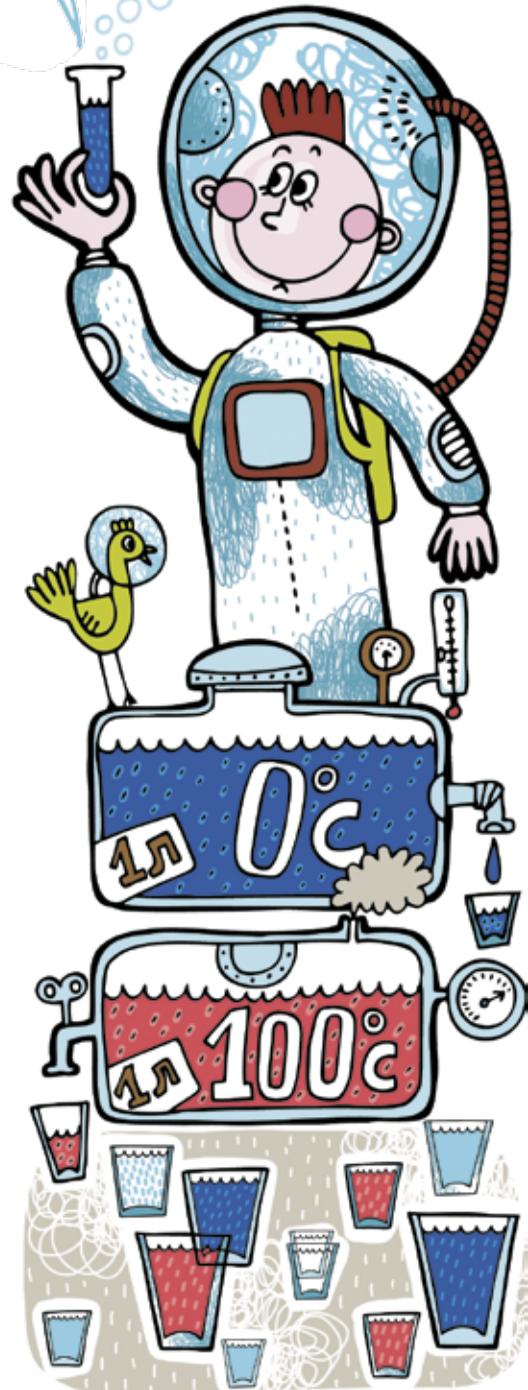
# из пустого в порожнее

Всем известно из опыта, что если горячее тело касается холодного, то горячее остывает, а холодное нагревается, и никак иначе. Через некоторое время их температуры практически сравняются, передача тепла замедлится до ничтожной величины. Уж точно мы не ожидаем, что тело, сначала бывшее горячим, продолжит остывать, а бывшее холодным – нагреваться.

А теперь приведём задачу, которая будет, на первый взгляд, в корне этому противоречить. Дан литр кипятка (подкрашенный красным для наглядности) и литр синей талой воды, то есть её температура близка к  $0^{\circ}\text{C}$ . Разрешается переливать воду по стаканчикам, не смешивая красную с синей. Будем считать, что вода в стаканчиках сама по себе не нагревается и не охлаждается. Но если прислонить стаканчики друг к другу, то температура в них выравнивается. А задача такая: охладить красную воду до  $10^{\circ}\text{C}$ , а синюю нагреть до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Казалось, мы только что убедили себя, что через среднюю температуру  $50^{\circ}\text{C}$  ни горячая, ни холодная вода не переберутся. Иначе получится, что после этого момента более холодная вода охлаждается, а более горячая – нагревается! Однако задача имеет решение. Нужно лишь вспомнить, что мы можем делить воду на порции, разливая по стаканчикам. Начнём с простой ситуации: пускай мы разлили красную воду на две равные порции температуры  $100^{\circ}\text{C}$ , и синюю тоже разлили на две равные порции температуры  $0^{\circ}\text{C}$ . Прежде чем читать дальше, попробуйте сами в этой ситуации нагреть синюю воду выше  $50^{\circ}\text{C}$ .

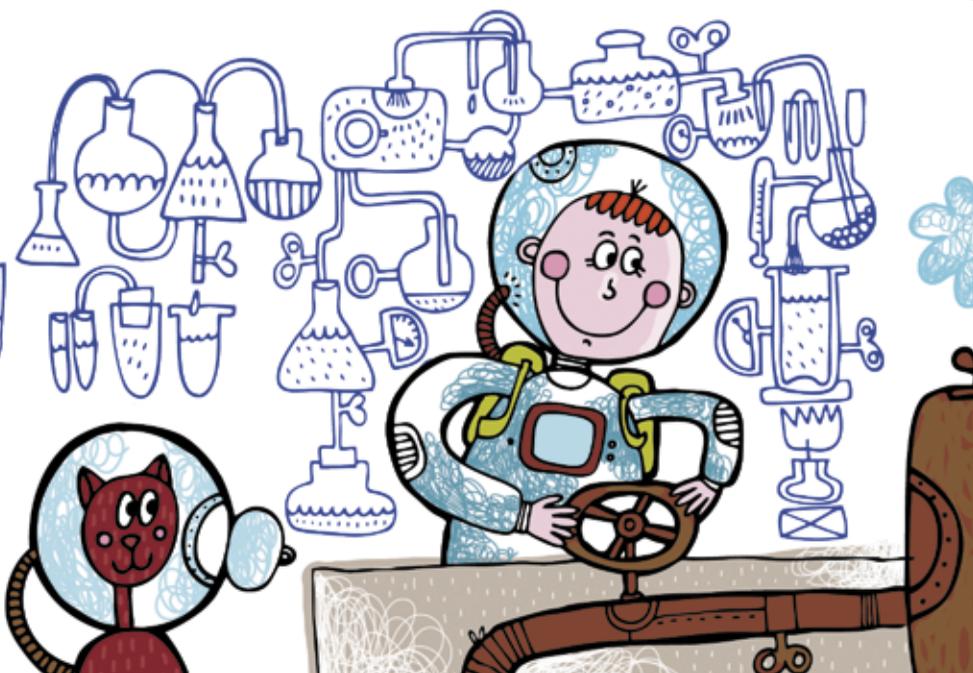
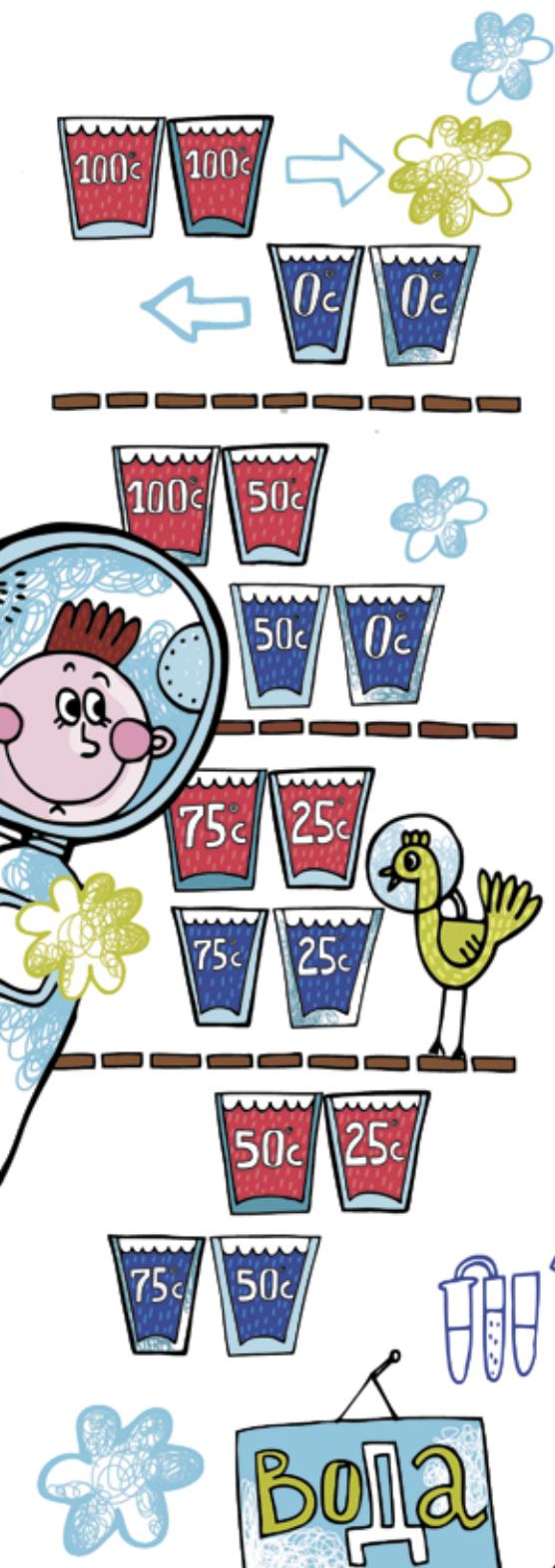
Решение может быть, например, таким. Выстроим красную и синюю воду в две очереди, которые пройдут друг мимо друга, обмениваясь теплом с соседями из противоположной очереди. Этот процесс наглядно изображён в виде «мультика» на полях (стр. 14).



Как только стаканы с водой разного цвета касаются друг друга, температура в них выравнивается за счёт теплообмена. На последнем кадре видно, что если мы сольём синюю воду в один стаканчик, её температура станет  $62,5^{\circ}\text{C}$ ! Мы преодолели рубеж  $50^{\circ}\text{C}$ .

Можно устроить такую же процедуру, но уже разливая воду не по двум, а по сотне стаканчиков. Пусть два таких паровозика стаканчиков пройдут друг мимо друга. После этого среди синих стаканов только последние 30 будут иметь температуру значительно ниже  $100^{\circ}\text{C}$ . А средняя температура всей синей воды будет аж  $94,4^{\circ}\text{C}$ , а у красной воды, соответственно,  $5,6^{\circ}\text{C}$ . Мы добились своей цели, даже больше.

Заметим, что подобным трюком можно добиться других, столь же неожиданных и парадоксальных результатов в похожих ситуациях. Пускай вместо температуры будет перетекать сама вода. Представим себе 100 здоровенных баков, наполненных водой, а рядом ещё 100 таких же пустых. У каждого бака внизу на уровне дна есть кран. Можно перегонять воду из бака в бак по трубе, закрывая и открывая краны. Тогда легко перегнать почти всю воду во вторую сотню баков, не совершая никакой работы. Всю работу сделает сила тяжести – вода каждый раз перетекает в более пустой резервуар.



Или представим себе две сотни герметичных резервуаров: сто пусты (в них вакуум), в другой сотне ядовитый газ. Никаких насосов нет, есть только трубочки, соединяющие резервуары, на них можно открывать и закрывать краны. Пока мы не решили задачу с холодной и горячей водой, казалось невозможным в такой ситуации переместить почти весь газ в другую сотню резервуаров. Действительно, на газ никак повлиять нельзя, он только может сам перетекать между резервуарами, пока в них не сравняются давления. Однако этого оказывается достаточно!

Заметим ещё, что если в нашей исходной задаче иметь очень много стаканчиков-термосов (и свободно-го времени), можно заставить горячую и холодную воду практически обменяться температурами. Задайте эту задачку знакомым, интересующимся физикой. Вполне возможно, они будут уверены в её неразрешимости, обосновывая это умными словами вроде «второй закон термодинамики это запрещает» (он утверждает, что в процессе теплообмена тепло от холодного тела к горячему не потечёт). Но мы-то знаем, что этот закон нашему решению несколько не противоречит, у нас всегда тепло течёт туда, где холоднее. Можно даже попробовать поймав в такую «ловушку» школьного учителя физики.

Удачи!

